



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 20 253 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:
H 01 C 7/04

⑳ Aktenzeichen: 101 20 253.9
㉔ Anmeldetag: 25. 4. 2001
㉕ Offenlegungstag: 29. 11. 2001

⑥⑥ Innere Priorität:
100 20 224. 1 25. 04. 2000
⑦① Anmelder:
EPCOS AG, 81541 München, DE
⑦④ Vertreter:
Epping, Hermann & Fischer, 80339 München

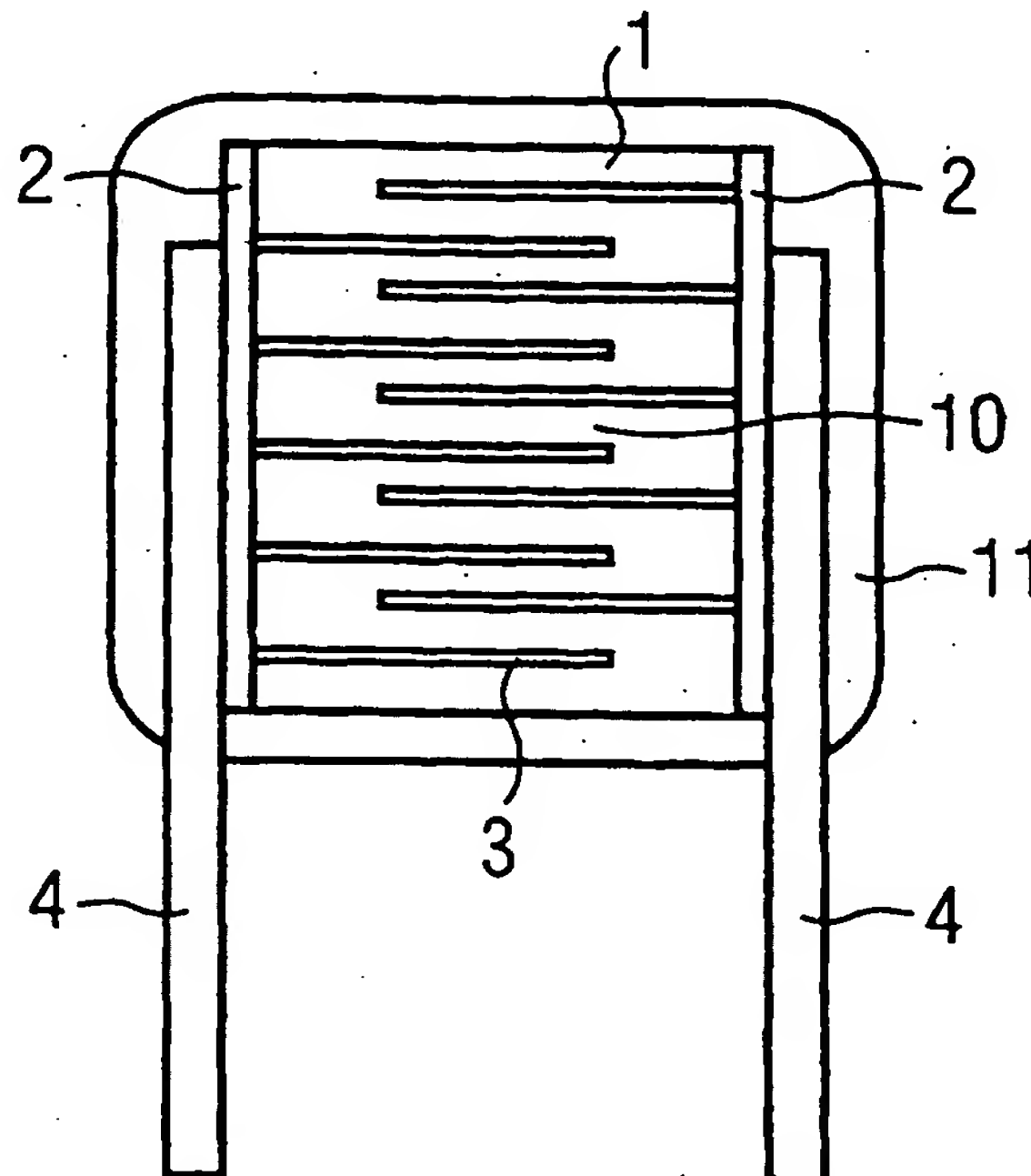
⑦② Erfinder:
Rosc, Friedrich, Dr., Deutschlandsberg, AT; Schrank,
Franz, Dr., Raaba, AT; Kloiber, Gerald, Feldkirchen,
AT

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Elektrisches Bauelement, Verfahren zu dessen Herstellung und dessen Verwendung

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein elektrisches Bauelement mit einem Grundkörper (1), der einen Schichtstapel aus einander überlappenden elektrisch leitfähigen Elektroden-schichten (3) aufweist, die durch elektrisch leitende Kera-mikschichten (10) voneinander getrennt sind, bei dem die elektrisch leitenden Keramikschichten (10) aus einer Kera-mik bestehen, deren spezifischer elektrischer Widerstand einen negativen Temperaturkoeffizienten aufweist, bei dem die elektrisch leitenden Keramikschichten (10) aus gemeinsam mit den Elektroden-schichten (3) gesinterten keramischen Grünfolien hergestellt sind und bei dem an zwei gegenüberliegenden Außenflächen des Grundkör-pers (1) Außenelektroden (2) angeordnet sind, die mit den Elektroden-schichten (3) elektrisch leitend verbunden sind. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Her-stellung des Bauelements und die Verwendung des Bau-elements.



DE 101 20 253 A 1

DE 101 20 253 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein elektrisches Bauelement mit einem Grundkörper und zwei Außenelektroden, bei dem der Grundkörper eine Keramik mit einem vorgegebenen spezifischen Widerstand enthält. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung des elektrischen Bauelements. Darüber hinaus betrifft die Erfindung die Verwendung des elektrischen Bauelements.

[0002] Es sind elektrische Bauelemente der eingangs genannten Art bekannt, bei denen der spezifische Widerstand der Keramik einen negativen Temperaturkoeffizienten aufweist und die demzufolge als NTC-Widerstand verwendet werden. Für spezielle Anwendungen der NTC-Widerstände, beispielsweise in der Heizungstechnik, der Industrieelektronik oder der Kfz-Elektronik, werden geringe Widerstandswerte zwischen 50 und 500 Ohm für die Bauelemente gefordert. Üblicherweise wird der Widerstand eines NTC-Bauelements bei 25° Celsius angegeben.

[0003] Zur Realisierung von Bauelementen mit den gewünschten niedrigen Widerstandswerten stehen Keramiken zur Verfügung, die einen niedrigen spezifischen Widerstand aufweisen. Diese Keramiken basieren auf Mischkristallen mit Spinell-Struktur, die sich aus vier Kationen der Gruppe Mangan, Nickel, Kobalt und Kupfer zusammensetzen. Die Kationen sind in einem Atomverhältnis Mn/Ni/Co/Cu miteinander gemischt, das zwischen 65/19/9/7 und 56/16/8/20 liegt. Der spezifische Widerstand dieser Keramiken liegt zwischen 100 und 0,1 Ωcm .

[0004] Diese Keramiken haben den Nachteil, daß ihr Widerstand einer starken Streuung unterworfen ist. Ferner haben diese Keramiken den Nachteil, daß ihre elektrischen Eigenschaften, insbesondere ihr elektrischer Widerstand, nicht langzeitstabil sind. Die Langzeitstabilität der Bauelemente wird als Änderung des Widerstands nach einer Lagerung der Bauelemente, beispielsweise bei einer Temperatur von 70° Celsius über einen Zeitraum von 10.000 Stunden, angegeben. Die zeitbedingte Änderung des Widerstandes ist unter diesen Bedingungen bei den mit niederohmigen Keramiken hergestellten Bauelementen größer als 2%.

[0005] Die bekannten Bauelemente haben ferner den Nachteil, daß ihr Widerstand aufgrund des einfachen Designs (Keramikblock oder -scheibe mit zwei äußeren Kontaktelektroden) ausschließlich vom spezifischen Widerstand der Keramik abhängig und daher entsprechenden Schwankungen der Keramikmaterial-Zusammensetzung unterworfen ist. Die herstellungsbedingte Abweichung des Ist-Widerstands vom Soll-Widerstand kann 5% oder mehr betragen.

[0006] Aus der Druckschrift DE 23 21 478 ist ein NTC-Widerstand (Thermistor) bekannt, der eine Mehrschichtstruktur aufweist, wobei Elektrodenschichten durch Keramikschichten voneinander getrennt sind. Dabei sind die Keramikschichten als Dickfilm-Schicht mittels Siebdruck auf die Elektrodenschichten aufgedruckt. Aufgrund des verwendeten Siebdruckverfahrens weisen die Keramikschichten große Streuwerte bezüglich ihrer Schichtdicke auf, so daß die aus der genannten Druckschrift bekannten Thermistoren nur unter erheblichen Schwierigkeiten mit exakt vorgegebenen Widerstandswerten hergestellt werden können. Die bekannten Thermistoren weisen somit große Toleranzen bezüglich der elektrischen Widerstände auf.

[0007] Aufgrund dieser hohen Streuwerte und der geringen Langzeitstabilität sind die bekannten niederohmigen NTC-Widerstände nur für Anwendungen geeignet, bei denen geringe Anforderungen bezüglich Bauelementetoleranzen und Bauelementstabilität gestellt werden. Eine solche Anwendung ist beispielsweise die Herstellung von Einschaltstrombegrenzern.

[0008] Ferner ist die Kombination hoher B-Wert und niedriger R-Wert physikalisch nicht realisierbar.

[0009] Ziel der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein elektrisches Bauelement anzugeben, das als NTC-Widerstand geeignet ist und das einen niedrigen Widerstandswert bei großer Langzeitstabilität und geringer Streubreite der Widerstandswerte aufweist. Ferner ist es ein Ziel der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung des elektrischen Bauelements anzugeben, das die möglichst exakte Einstellung eines Soll-Widerstands des Bauelementes ermöglicht.

[0010] Dieses Ziel wird erfindungsgemäß durch ein elektrisches Bauelement nach Anspruch 1 sowie durch ein Verfahren nach Anspruch 11 erreicht. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Bauelements und des Verfahrens und die Verwendung des Bauelements sind den weiteren Ansprüchen zu entnehmen.

[0011] Die Erfindung gibt ein elektrisches Bauelement an, mit einem Grundkörper, der einen Schichtstapel aus einander überlappenden elektrisch leitfähigen Elektrodenschichten aufweist. Jeweils zwei benachbarte Elektrodenschichten sind durch eine elektrisch leitende Keramikschicht voneinander getrennt. Die elektrisch leitenden Keramikschichten bestehen aus einem Keramikmaterial, dessen spezifischer elektrischer Widerstand $\rho(T)$ einen negativen Temperaturkoeffizienten aufweist. Die elektrisch leitenden Keramikschichten sind aus gemeinsam mit den Elektrodenschichten gesinterter keramischen Grünfolien hergestellt. Darüber hinaus sind an zwei gegenüberliegenden Außenflächen des Grundkörpers Außenelektroden angeordnet, die mit den Elektrodenschichten elektrisch leitend verbunden sind.

[0012] Das erfindungsgemäße Bauelement hat den Vorteil, daß die elektrisch leitenden Keramikschichten aus keramischen Grünfolien hergestellt sind. Der Prozeß des Ziehens von keramischen Grünfolien kann zur Herstellung von Folien mit einer Dicke von etwa 50 μ und unter Einhaltung von sehr genauen Schichtdickenvorgaben eingesetzt werden. Dadurch hat das erfindungsgemäße Bauelement den Vorteil, daß ein vorgegebener Widerstandswert für das Bauelement sehr genau eingehalten werden kann.

[0013] Desweiteren ist in einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ein Keramikmaterial für die elektrisch leitenden Keramikschichten ausgewählt, dessen den Temperaturverlauf $\rho(T)$ des spezifischen elektrischen Widerstands beschreibende B-Wert größer als 4000 K ist. Der B-Wert beschreibt den Temperaturverlauf $\rho(T)$ durch folgende Formel:

$$\rho(T) = \rho_{25} \exp(B/T).$$

[0014] Dabei ist ρ_{25} gleich dem spezifischen elektrischen Widerstand bei 25°C.

[0015] Der B-Wert wird nach folgender Formel berechnet:

$$B = \frac{T_1 \times T_2}{T_2 - T_1} \times \ln \frac{R(T_1)}{R(T_2)}$$

5

[0016] Dabei ist $R(T_1)$ und $R(T_2)$ der Widerstand des Keramikmaterials bei zwei unterschiedlichen Temperaturen T_1 und T_2 .

[0017] Keramiken mit großen B-Werten haben den Vorteil, daß sie eine große Empfindlichkeit des Widerstands in Abhängigkeit von der Temperatur aufweisen, was die Herstellung von sehr empfindlichen Temperatursensoren ermöglicht. Desweiteren haben Keramiksysteme mit großen B-Werten den Vorteil eines guten Langzeitstabilitätsverhaltens des elektrischen Widerstands. 10

[0018] Keramiken mit hohen B-Werten haben jedoch auch große spezifische Widerstände. Durch das erfindungsgemäße Vorsehen von Elektrodenschichten im Grundkörper des elektrischen Bauelements wird es möglich, den elektrischen Widerstand des Bauelements zu reduzieren. Dies gelingt dadurch, daß durch die Elektrodenschichten die Parallelschaltung mehrerer hochohmiger Widerstände realisiert wird. Somit können trotz der hohen Widerstände der verwendeten Keramiken Temperaturfühler mit Widerstandswerten kleiner als 2 k Ω hergestellt werden. Desweiteren ist ein elektrisches Bauelement vorteilhaft, bei dem der Grundkörper die Form eines Quaders hat. Dabei sind nur zwei Seitenflächen des Quaders von Außenelektroden bedeckt, während die vier restlichen Seitenflächen frei von elektrisch leitenden Beschichtungen sind. Ein solches Bauelement hat den Vorteil, daß die Außenelektroden räumlich exakt definiert sind und dadurch den elektrischen Widerstand des Bauelements nicht beeinflussen können. Dies ist ein großer Vorteil gegenüber bekannten Bauelementen, bei denen die Außenelektroden durch Eintauchen in eine leitfähige Paste hergestellt werden und so mit kappenartig und daher kantenübergreifend auf mehreren Seitenflächen des Grundkörpers aufliegen, wodurch die Außenelektroden unter ungünstigen Umständen den Widerstand sehr stark verringern können, indem sie bei Über-tauchen des Grundkörpers sehr nahe aneinanderliegen. 15 20 25

[0019] Eine vorteilhafte Form der Beschichtung des Grundkörpers mit Außenelektroden, die nicht kantenübergreifend sind, und die somit das Ziel erreichen, vier der Seitenflächen des quaderförmigen Grundkörpers frei von elektrisch leitenden Beschichtungen zu lassen, ist die Verwendung eines Siebdruckverfahrens zum Bedrucken von Seitenflächen des Quaders.

[0020] Es können somit also Temperaturfühler hergestellt werden, die gleichzeitig einen sehr niedrigen Widerstand und eine hohe Empfindlichkeit aufweisen. 30

[0021] Im folgenden werden einige für die Verwendung in dem erfindungsgemäßen Bauelement geeignete Keramikmaterialien genannt, deren B-Wert größer als 3600 K ist:

[0022] Es kommt beispielsweise ein hochohmiger Keramikmischkristall auf der Basis von Mn_3O_4 mit einem Zusatz an Nickel und Kobalt in Betracht, wobei das Mischungsverhältnis $Mn/Ni/Co = 55,6/3,4/41$ beträgt. Eine solche Keramik weist einen B-Wert von etwas mehr als 4000 K auf. 35

[0023] Desweiteren kommt eine Keramik in Betracht, die neben Mn_3O_4 noch Zusätze von Nickel und Titan enthält, wobei das Mischungsverhältnis $Mn/Ni/Ti$ dem Verhältnis 77/20/3 entspricht. Eine solche Keramik weist einen B-Wert von 4170 K auf.

[0024] Als weiteres Beispiel kann eine Keramik genannt werden, die neben Mn_3O_4 noch Nickel und Zink enthält. Dabei ist das Mischungsverhältnis $Mn/Ni/Zn$ gleich 64/7/29. Eine solche Keramik weist einen B-Wert von 4450 K auf. 40

[0025] Des weiteren ist ein Bauelement besonders vorteilhaft, bei dem die Keramik ein Mischkristall in Spinell-Struktur, Perowskit-Struktur oder Korund-Struktur ist, der hergestellt ist auf der Basis von Mn_3O_4 mit einem oder mehreren Zusätzen, ausgewählt aus den Elementen Nickel, Kobalt, Titan, Zirkon oder Aluminium. Vorteilhaft sind dabei insbesondere die stabilen Zusammensetzungen, die einen hohen spezifischen Widerstand zwischen 10^5 und $10^6 \Omega cm$ aufweisen, der mit Hilfe der Elektrodenschichten auf einen niedrigen Wert abgesenkt werden kann. 45

[0026] Ein Bauelement auf der Basis einer hochohmigen Keramik mit einem spezifischen Widerstand $> 10^2 \Omega cm$ hat den Vorteil, daß die Keramik eine hohe Langzeitstabilität bezüglich ihres elektrischen Widerstands aufweist.

[0027] Im speziellen kommt als hochohmige Keramik beispielsweise eine Mischung auf der Basis Mn_3O_4 mit einem Mischungsverhältnis Mn/Ni von 94/6 in Betracht. Eine solche Keramik weist einen spezifischen Widerstand von $10^4 \Omega cm$ und einen B-Wert von 4600 K auf. 50

[0028] Eine weitere Möglichkeit ist eine Mischung aus Mangan, Nickel und Kobalt mit einem Mischungsverhältnis $Mn/Ni/Co$ von 70/20/10. Die zuletzt genannte Mischung weist einen spezifischen Widerstand von 100 Ωcm und einen B-Wert von etwas mehr als 3600 K auf.

[0029] Die zur Reduktion des Widerstands des Bauelements geeignete Anordnung der Elektrodenschichten kann vorteilhaft in einem Bauelement realisiert werden, bei dem jede Außenelektrode mit Elektrodenschichten in Form von parallel übereinander liegenden ebenen Schichten kontaktiert ist. Die mit einer Außenelektrode kontaktierten Schichten bilden mit dieser Außenelektrode ein kammartiges Elektrodenpaket. Die beiden jeweils zu einer Außenelektrode gehörenden Elektrodenpakete sind in dem Bauelement ineinander geschoben. 55

[0030] Die Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Bauelements mit kammartigen, ineinander geschobenen Elektrodenpaketen hat den Vorteil, daß sie durch Aufeinanderlegen einzelner Folien bzw. Schichten leicht realisierbar ist. Die parallel übereinander liegenden Schichten haben zudem den Vorteil, daß das in dem Bauelement zur Verfügung stehende Volumen optimal zur Verminderung des ohmschen Widerstands ausgenutzt wird. Dies rührt daher, daß sich in der kammartigen Anordnung besonders große Flächen der jeweiligen Elektrodenschichten gegenüberstehen. Dadurch steigt der Querschnitt des betrachteten elektrischen Leiters und somit sinkt sein Widerstand. 60 65

[0031] Zur Ausgestaltung der Elektrodenschichten sind prinzipiell alle Elektrodenmaterialien geeignet, die bei den für die Herstellung des Bauelements notwendigen Temperaturen stabil sind. Die Elektrodenschichten werden in einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung in Palladium oder Platin oder deren Legierungen ausgeführt. Diese

Edelmetalle haben den Vorteil, daß sie unempfindlich sind gegenüber elektrochemischer Korrosion. Dadurch wird das mit ihnen hergestellte elektrische Bauelement unempfindlich gegenüber von außen in das Bauelement eindringende Feuchte bzw. Nässe.

[0032] Ferner hat die Verwendung der genannten Edelmetalle als Material für die Elektroden-schichten den Vorteil, daß die Edelmetalle nur eine sehr geringe Migrationsneigung aufweisen, wodurch das Wandern der Metalle in die Keramik und damit eine unkontrollierbare Veränderung des elektrischen Widerstands des keramischen Bauelements verhindert werden kann.

[0033] Die Außenelektroden können aus jedem handelsüblichen Elektrodenmaterial für keramische Bauelemente bestehen. Es ist allerdings darauf zu achten, daß eine gute elektrische Anbindung an die Elektroden-schichten sichergestellt ist. In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Bauelements bestehen die Außenelektroden aus einer Silber- oder Gold-Einbrennpaste. Diese Einbrennpaste kann, nachdem die Keramik zusammen mit den Elektroden-schichten gesintert wurde, auf zwei Außenflächen des Grundkörpers aufgebracht und eingebrannt werden. Die Silber-Einbrennpaste hat den Vorteil, daß sie zur Kontaktierung des Bauelements eine gute elektrische Leitfähigkeit aufweist. Sie hat darüber hinaus den Vorteil, daß sie gut lötbar ist, so daß an den Außenelektroden Anschlußdrähte angelötet werden können. Mit Hilfe solcher Anschlußdrähte, die beispielsweise Kupferdrähte sein können, erhält man nach Aufbringen einer Schutzlackierung oder einer anderen Umhüllung aus geeignetem Material ein fertiges Sensorelement.

[0034] Unter Verwendung einer Au-Außenelektrode und goldbeschichteten Anschlußdrähten ist es möglich, das Bauelement mit einer Schutzumhüllung aus Glas zu versehen.

[0035] Ferner gibt die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen elektrischen Bauelements mit einem vorgegebenen Soll-Widerstand an, bei dem das Bauelement ausgehend von einem Vorläufer-Bauelement mit einem stabförmigen Grundkörper hergestellt wird. Das Vorläufer-Bauelement wird in einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung hergestellt durch Übereinanderschichten von Keramischen Grünfolien und Elektroden und anschließendes Sintern des so entstandenen Schichtstapels. Das Vorläufer-Bauelement weist an Längsseiten des Stabs angeordnete Außenelektroden auf, wobei der zwischen den Außenelektroden des Vorläufer-Bauelements gemessene Ist-Widerstand kleiner ist als der Soll-Widerstand des herzustellenden elektrischen Bauelements. Ferner hat das Vorläufer-Bauelement die Eigenschaft, daß der Widerstand gleich langer, Außenelektroden aufweisender Längsabschnitte des Vorläufer-Bauelements im wesentlichen gleich groß sind.

[0036] Zunächst wird der Ist-Widerstand des Vorläufer-Bauelements, beispielsweise mittels eines Ohmmeters, gemessen. Anschließend wird aus dem Ist-Widerstand die Länge eines vom Vorläufer-Bauelement abzuschneidenden Längsabschnitts berechnet. Der Längsabschnitt des Vorläufer-Bauelements stellt dabei das herzustellende elektrische Bauelement dar. Schließlich wird der Längsabschnitt mit der vorher berechneten Länge vom Vorläufer-Bauelement abgeschnitten.

[0037] Das erfindungsgemäße Verfahren hat den Vorteil, daß der Widerstand des elektrischen Bauelements erst in einem sehr späten Verfahrensschritt, zu einem Zeitpunkt, zu dem die Keramik schon fertig gesintert ist, festgelegt wird. Dadurch entstehen zwar möglicherweise leicht unterschiedliche Geometrien bei der Herstellung mehrerer gleichartiger Bauelemente; dies wird aber durch den großen Vorteil eines sehr exakt reproduzierbaren Soll-Widerstands mehr als ausgeglichen. Des weiteren hat das erfindungsgemäße Verfahren den Vorteil, daß der Widerstand der Keramik vor der endgültigen Herstellung des Bauelements gemessen wird. Fertigungsbedingte Schwankungen des Widerstands können auf diese Weise ausgeglichen werden.

[0038] Gegebenenfalls können nach dem Abschneiden des Bauelements vom Vorläufer-Bauelement noch Anschlußdrähte an den Außenelektroden festgelötet werden.

[0039] Zudem hat das erfindungsgemäße Verfahren den Vorteil, daß in Verbindung mit den Widerstand des Bauelements reduzierenden Elektroden-schichten auch sehr kleine Widerstände exakt eingestellt werden können.

[0040] Darüber hinaus ist ein Verfahren besonders vorteilhaft, bei dem das Vorläufer-Bauelement aus einer Platte hergestellt wird, die ein Schichtstapel von Keramischen Grünfolien und geeignet angeordneten Elektroden-schichten ist. Eine geeignete Anordnung von Elektroden-schichten ist beispielsweise dadurch gegeben, daß die Platte aus mehreren nebeneinander angeordneten, gedachten stabförmigen Vorläufer-Bauelementen zusammengesetzt wird.

[0041] Es wird bei der Herstellung des erfindungsgemäßen Bauelements zunächst aus der Platte ein Stab ausgestanzt, der anschließend gesintert wird. Es ist ebenso möglich, die Platte als Ganzes zu sintern und sie mittels geeigneter Trennverfahren (z. B. Ausschneiden) in Stäbe aufzutrennen. Nach dem Sintern des Stabs werden an Längsseiten des Stabs Außenelektroden aufgebracht. Dadurch wird ein Vorläufer-Bauelement hergestellt, das in dem o. g. Verfahren zu einem erfindungsgemäßen elektrischen Bauelement weiter verarbeitet werden kann.

[0042] Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß durch Herstellung der Platte aus übereinander liegenden keramischen Grünfolien und Elektroden-schichten die parallele Fertigung einer großen Anzahl von elektrischen Bauelementen ermöglicht wird.

[0043] Die Erfindung gibt ferner die Verwendung des elektrischen Bauelements als NTC-Widerstand an, dessen Widerstand bei 25° Celsius zwischen 50 und 500 Ohm beträgt. Dabei kommt insbesondere die Anwendung des Bauelements als niederohmiger Temperaturfühler in Betracht. Aufgrund der hohen Empfindlichkeit der in dem erfindungsgemäßen Bauelement einsetzbaren hochohmigen Keramik sind sogar Anwendungen im medizinischen Bereich möglich, beispielsweise der Einsatz in Fieberthermometern. Gerade bei Fieberthermometern müssen die verwendeten Temperatursensoren eine sehr hohe Genauigkeit von $< 0,1$ K bei der Messung der Temperatur erreichen. Des weiteren ist bei so einer Anwendung die hohe Fertigungsgenauigkeit des Widerstandes von Vorteil. Das erfindungsgemäße elektrische Bauelement ist insbesondere geeignet für NTC-Widerstände mit kleinen Abmessungen, da aufgrund der Elektroden-schichten auf eine große Querschnittsfläche des Widerstands verzichtet werden kann.

[0044] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und den dazu gehörigen Figuren näher erläutert.

[0045] Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Bauelement im schematischen Querschnitt.

[0046] Fig. 2 zeigt ein erfindungsgemäßes Bauelement in perspektivischer Darstellung.

[0047] Fig. 3 zeigt ein erfindungsgemäßes Bauelement, das als Vorläufer-Bauelement zur Herstellung weiterer erfindungsgemäßer Bauelemente ausgeführt ist in perspektivischer Darstellung.

[0048] Fig. 4 zeigt eine zur Herstellung eines Vorläufer-Bauelements geeignete Platte im schematischen Querschnitt.

[0049] Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Bauelement als monolithisches Vielschichtbauelement mit einem Grundkörper 1, der elektrisch leitende Keramikschichten 10 enthält. Die Keramik ist eine Keramik, deren spezifischer Widerstand einen negativen Temperaturkoeffizienten aufweist. Sie ist ein Mischkristall mit Spinell-Struktur auf der Basis von Mn_3O_4 , der zusätzlich noch einen Nickelanteil enthält. Das Mischungsverhältnis Mn/Ni beträgt 94/6. Diese Keramik weist einen hohen Widerstand von $10^4 \Omega\text{cm}$ auf.

[0050] Im Inneren des Grundkörpers 1 sind Elektrodensschichten 3 angeordnet, die aus elektrisch leitfähigen Edelmetallschichten bestehen und die durch elektrisch leitende Keramikschichten 10 voneinander getrennt sind. Die Dicke der Elektrodensschichten 3 beträgt ca. 5 μm . Durch die Elektrodensschichten 3 wird der Widerstand des aus hochohmiger Keramik bestehenden Bauelements geeignet reduziert, so daß das Bauelement insgesamt einen niedrigen ohmschen Widerstand von 50 Ohm aufweist. Die Elektrodensschichten 3 sind mit Außenelektroden 2 verbunden, die an der Außenseite des Grundkörpers 1 aufgebracht sind. Die Außenelektroden 2 sind durch Einbrennen einer Silber-Einbrennpaste hergestellt. An jeder Außenelektrode 2 ist jeweils ein Kupferdraht als Anschlußdraht 4 angelötet.

[0051] Das in Fig. 1 gezeigte Bauelement kann zum Schutz vor Feuchte und anderen Umwelteinflüssen zusätzlich noch mit einer Kunststoff- oder Lackschicht umhüllt sein oder auch mit einer Schutzumhüllung (11) aus Glas versehen sein.

[0052] Fig. 2 zeigt das Bauelement aus Fig. 1 in perspektivischer Darstellung. Aus dieser Darstellung gehen die geometrischen Abmessungen des erfindungsgemäßen Bauelements hervor. Die Länge l und die Breite b betragen jeweils 0,5–5 mm. Die Dicke d beträgt 0,3–2 mm. Dadurch, daß der Unterschied zwischen der Dicke d und der Breite b bzw. der Länge l mindestens 0,2 mm beträgt, kann das in Fig. 2 dargestellte Bauelement mit bereits für andere Bauelemente erprobten Systemen zum Greifen und Transportieren behandelt werden. Aus den gezeigten Abmessungen geht hervor, daß das erfindungsgemäße Bauelement insbesondere zur Realisierung von miniaturisierten Temperatursensoren geeignet ist.

[0053] Die Stabilität der elektrischen Eigenschaften des in Fig. 2 gezeigten Bauelements kann anhand verschiedener Prüfkriterien, die in der nachfolgenden Tabelle 1 dargestellt sind, nachgewiesen werden.

Tabelle 1

Prüfung	Norm	Prüfbedingungen	$\Delta R_{25}/R_{25}$ (typisch)
Lagerung bei trockener Wärme	DIN IEC 60068-2-2	Lagerung bei oberer Kategorietemperatur T: 155°C t: 1000 h	< 1%/
Lagerung bei konstanter Feuchte	DIN IEC 60068-2-3	Lufttemperatur: 40°C Relative Luftfeuchte: 93% Dauer: 56 Tage	< 1%
Rascher Temperaturwechsel	DIN IEC 60068-2-14	Untere Prüftemperatur: -55°C Obere Prüftemperatur: 155°C Anzahl der Zyklen: 10	< 0,5%
Langzeittabilität (Erwartungswert)		Temperatur: +70°C Zeit: 10 000h	< 2%

[0054] Fig. 3 zeigt ein Vorläufer-Bauelement 5 mit einem stabförmigen Grundkörper 6. An zwei gegenüber liegenden Seitenflächen des stabförmigen Grundkörpers 6 ist jeweils eine Außenelektrode 2 aufgebracht. Mit Hilfe dieser Außen-

elektroden 2 kann der elektrische Widerstand des Vorläufer-Bauelements 5 gemessen werden. Im Inneren des stabförmigen Grundkörpers 6 sind Elektrodenschichten 3 angeordnet, die den elektrischen Widerstand des Vorläufer-Bauelements reduzieren und die durch elektrisch leitende Keramikschichten 10 voneinander getrennt sind.

5 [0055] Die elektrischen Eigenschaften des Vorläufer-Bauelements 5 sind entlang des Stabes gleichmäßig, d. h., daß jeder Abschnitt des Stabes, der dieselbe Länge aufweist, auch denselben elektrischen Widerstand aufweist. Dadurch kann durch einfaches Abmessen der Länge eines Stababschnitts der elektrische Widerstand des herzustellenden Bauelements exakt eingestellt werden.

10 [0056] Fig. 4 zeigt eine Platte 7, aus der durch Ausstanzen von Stäben entlang der Stanzlinien 9 Vorläufer-Bauelemente hergestellt werden können. Die Platte 7 hat eine Dicke, die der Länge 1 des herzustellenden Bauelements entspricht. Die anderen Abmessungen der Platte 7 betragen ca. 105×105 mm. Die Platte besteht aus übereinander liegenden keramischen Grünfolien 8, zwischen denen Elektrodenschichten 3 versetzt zueinander angeordnet sind. Mit Hilfe der Platte 7, die zuerst zu Vorläufer-Bauelementen und schließlich zu den herzustellenden Bauelementen selbst verarbeitet wird, ist die parallele Fertigung einer großen Anzahl von Bauelementen mit exakt definierten Widerstandswerten möglich.

15 [0057] Die Erfindung beschränkt sich nicht auf die beispielhaft gezeigten Ausführungsformen sondern wird in ihrer allgemeinsten Form durch die Ansprüche 1 und 11 definiert.

Patentansprüche

- 20 1. Elektrisches Bauelement mit einem Grundkörper (1), der einen Schichtstapel aus einander überlappenden elektrisch leitfähigen Elektrodenschichten (3) aufweist, die durch elektrisch leitende Keramikschichten (10) voneinander getrennt sind,
bei dem die elektrisch leitenden Keramikschichten (10) aus einer Keramik bestehen, deren spezifischer elektrischer Widerstand einen negativen Temperaturkoeffizienten aufweist,
- 25 bei dem die elektrisch leitenden Keramikschichten (10) aus gemeinsam mit den Elektrodenschichten (3) gesinterten keramischen Grünfolien hergestellt sind und
bei dem an zwei gegenüberliegenden Außenflächen des Grundkörpers (1) Außenelektroden (2) angeordnet sind, die mit den Elektrodenschichten (3) elektrisch leitend verbunden sind.
- 30 2. Elektrisches Bauelement nach Anspruch 1, bei dem der den Temperaturverlauf $\rho(T)$ des spezifischen Widerstands beschreibende B-Wert der Keramik größer als 4000 K ist.
3. Elektrisches Bauelement nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei dem der Grundkörper (1) die Form eines Quaders hat, der vier Seitenflächen aufweist, die frei von elektrisch leitenden Beschichtungen sind.
4. Elektrisches Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die Außenelektroden (2) durch ein Siebdruckverfahren auf den Grundkörper (1) aufgebracht sind.
- 35 5. Elektrisches Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem der elektrische Widerstand des Bauelements bei 25°C kleiner als 2 k Ω ist.
6. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die Keramik ein Mischkristall auf der Basis von Mn_3O_4 in Spinell-Struktur, Perowskit-Struktur oder Kor- und-Struktur ist mit einem oder mehreren Zusätzen, ausgewählt aus den Elementen Nickel, Kobalt, Titan, Zirkon oder Aluminium.
- 40 7. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem jede Außenelektrode (2) mit Elektrodenschichten (3) in Form von parallel übereinanderliegenden, ebene Schichten kontaktiert ist, die mit der jeweiligen Außenelektrode (2) ein kammartiges Elektrodenpaket bilden, und bei dem die Elektrodenpakete ineinandergeschoben sind.
8. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die Elektrodenschichten (3) Gold, Palladium oder Platin enthalten.
- 45 9. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem die Außenelektroden (2) aus einer Silber- oder Gold-Einbrennpaste bestehen.
10. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem an jeder Außenelektrode (2) ein Anschlußdraht (4) angelötet ist.
- 50 11. Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Bauelements mit einem vorgegebenen Soll-Widerstand, ausgehend von einem Vorläufer-Bauelement (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, mit einem stabförmigen Grundkörper (6), mit an Längsseiten angeordneten Außenelektroden (2), dessen zwischen den Außenelektroden (2) gemessene Ist-Widerstand kleiner ist als der Soll-Widerstand, und bei dem der Widerstand gleich langer, Außenelektroden (2) aufweisender Längsabschnitte gleich groß ist, mit folgenden Schritten:
 - a) Messen des Ist-Widerstands des Vorläufer-Bauelements (5)
 - 55 b) Berechnen der zur Erreichung des Soll-Widerstands notwendigen Soll-Länge eines das herzustellende Bauelement darstellenden Längsabschnitts des Vorläufer-Bauelements (5)
 - c) Abschneiden eines Längsabschnitts der Soll-Länge vom Vorläufer-Bauelement (5)
- 60 12. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem das Vorläufer-Bauelement (5) aus einer Platte (7) hergestellt wird, die ein Schichtstapel von keramischen Grünfolien (8) und geeignet angeordneten Elektrodenschichten (3) ist, mit folgenden Schritten:
 - a) Ausstanzen eines Stabs aus der Platte (7)
 - b) Sintern des Stabs
 - c) Aufbringen von Außenelektroden (2) auf Längsseiten des Stabs.
- 65 13. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem das Vorläufer-Bauelement (5) aus einer Platte (7) hergestellt wird, die ein Schichtstapel von keramischen Grünfolien (8) und geeignet angeordneten Elektrodenschichten (3) ist, mit folgenden Schritten:
 - a) Sintern der Platte (7)
 - b) Ausschneiden eines Stabs aus der Platte (7)

DE 101 20 253 A 1

c) Aufbringen von Außenelektroden (2) auf Längsseiten des Stabs.

14. Verwendung des Bauelements nach Anspruch 1 bis 10 als NTC-Widerstand, dessen Widerstand bei 25°C zwischen 50 und 500 Ω beträgt.

15. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem jeder Anschlußdraht (4) mit Gold beschichtet ist und das eine Schutzumhüllung (11) aus Glas aufweist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

FIG 1

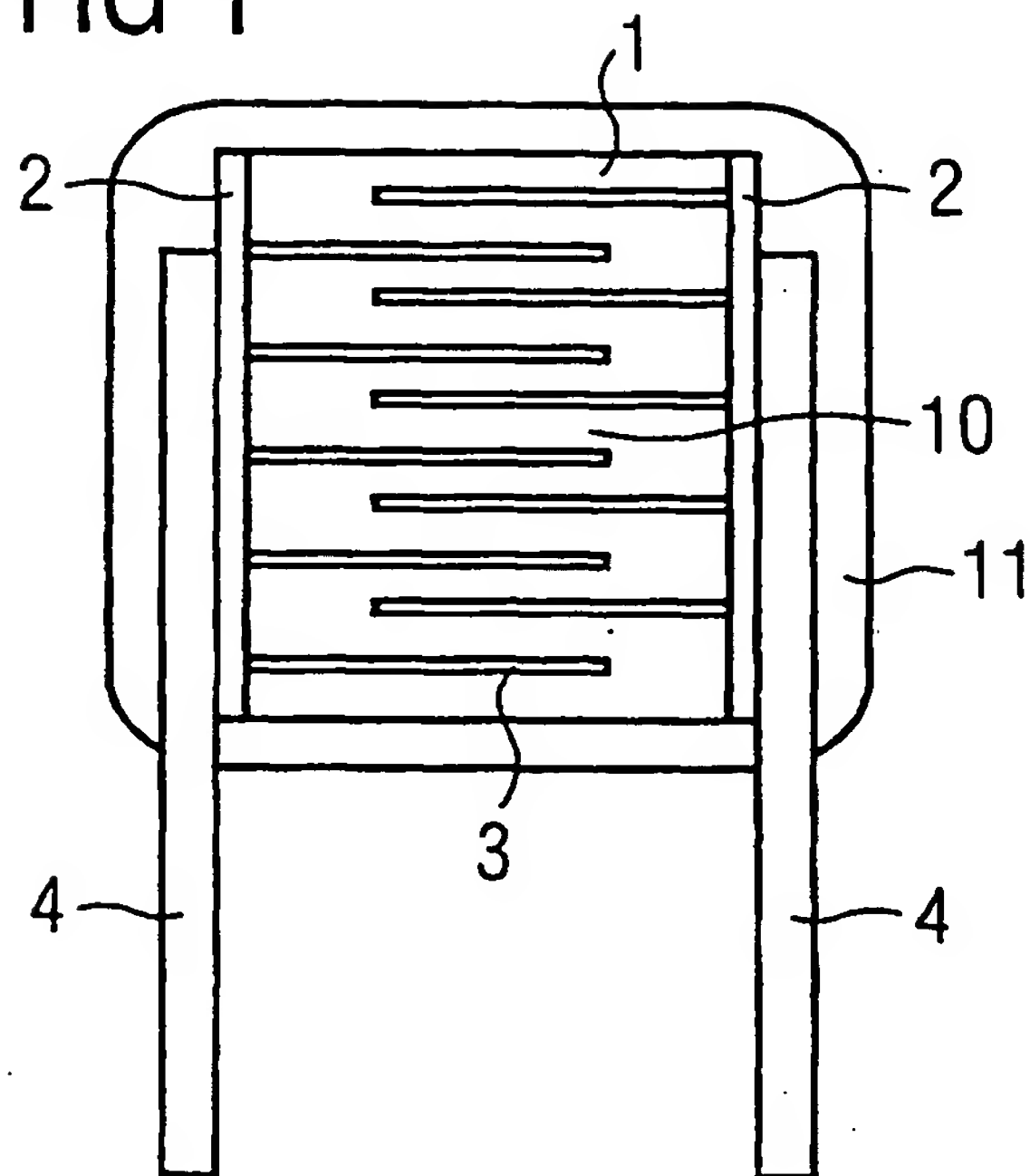


FIG 2

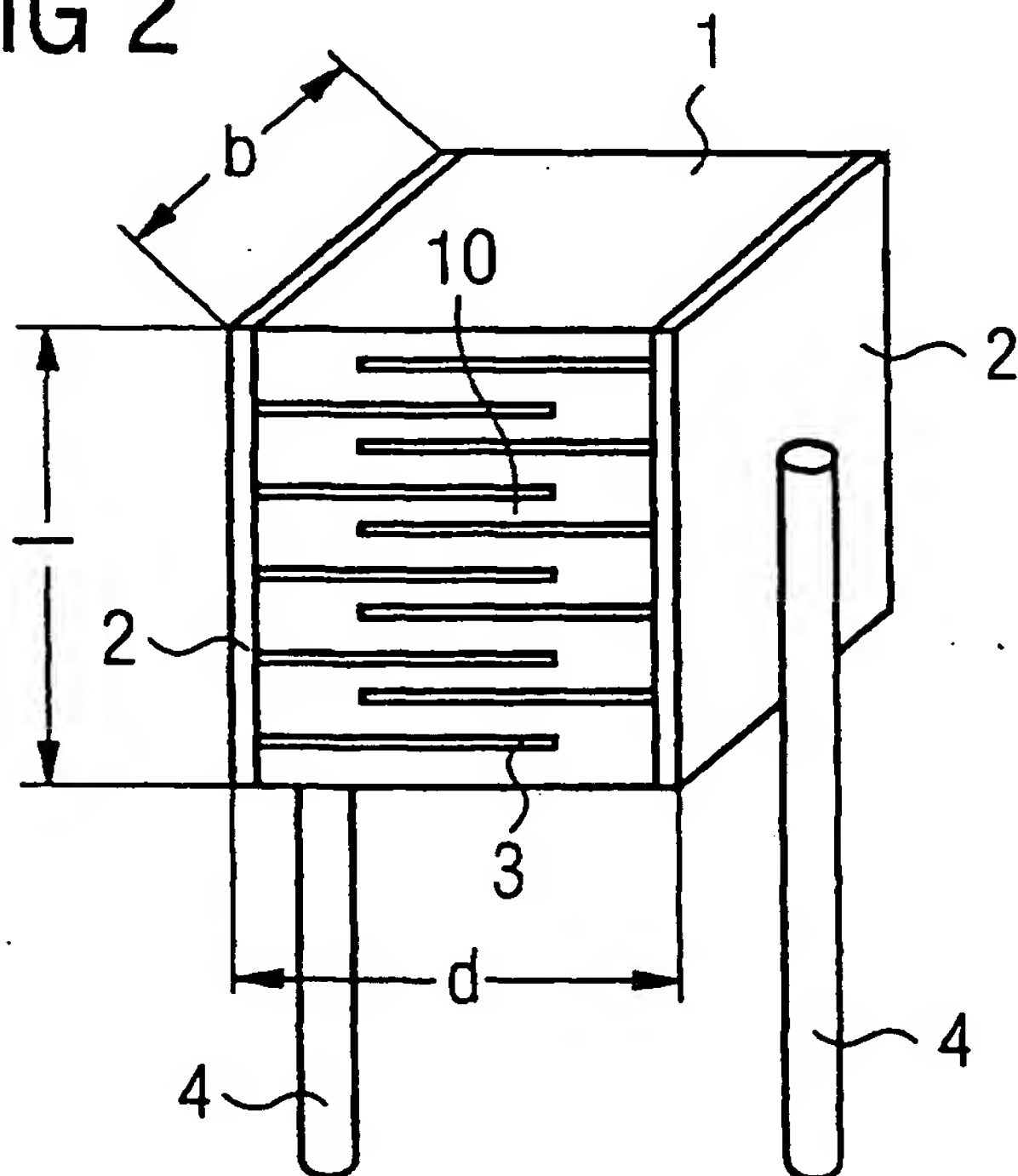


FIG 3

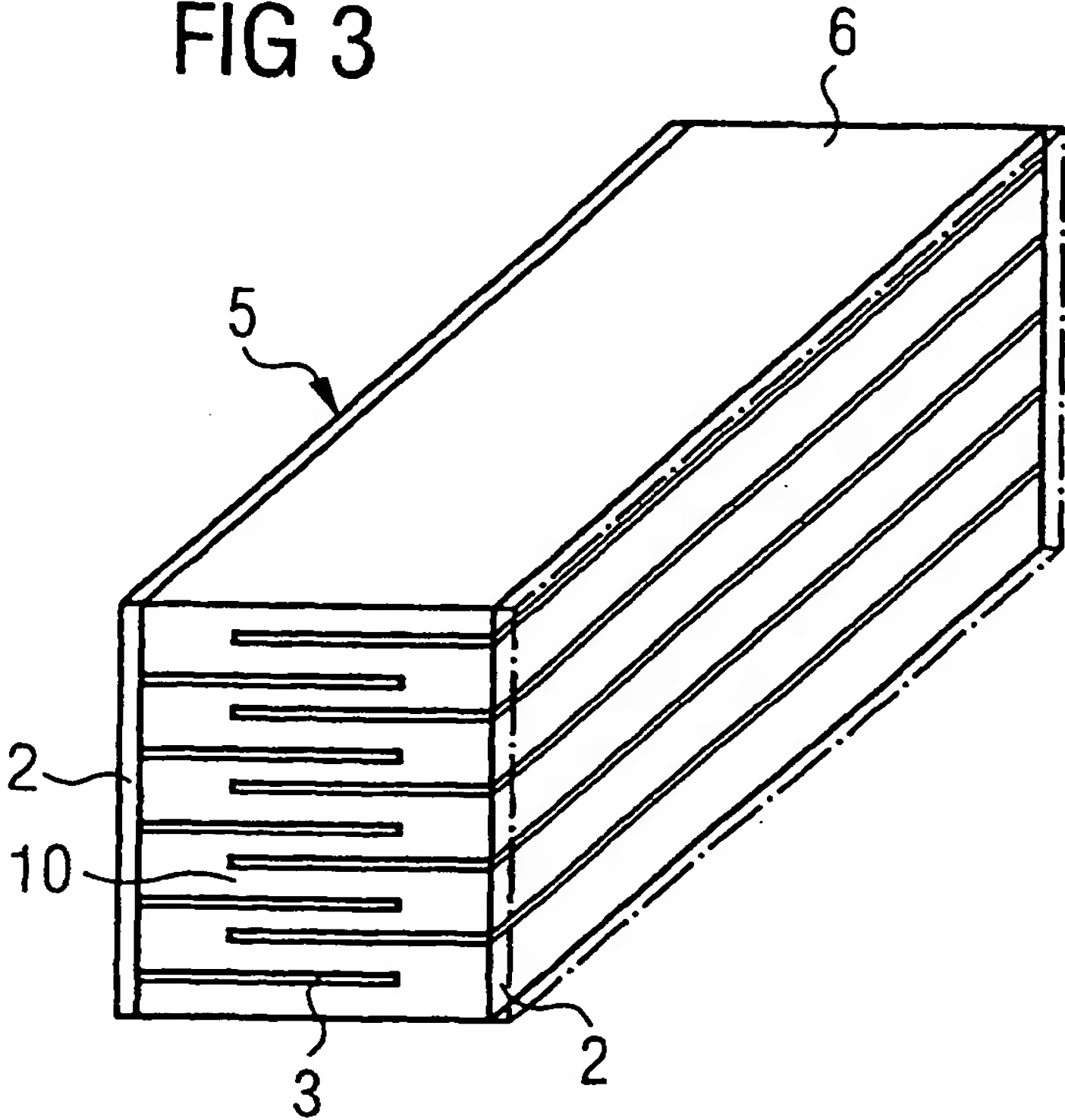


FIG 4

